

EL MIOCÈ DEL MIGJORN

Antoni Obrador¹ i Luis Pomar²

¹ *Departament de Geologia, Universitat Autònoma de Barcelona*

² *Departament de Ciències de la Terra, Universitat de les Illes Balears*

INTRODUCCIÓ

Presentam aquí la síntesi de les publicacions anteriors sobre el Miocè de Menorca, confrontades amb els resultats de les nostres investigacions més recents (Obrador *et al.*, 1992 i Pomar *et al.*, 2002). Aquest resum no ha estat fàcil, en bona part, a causa de l'ambigüitat d'algunes publicacions que inclouen descripcions i interpretacions que, a vegades, han estat fetes sense dades que les fonamentin. Les publicacions sorgides al voltant de la celebració del X Congreso Nacional de Sedimentología (Menorca, 1983) mostren clares discrepàncies en relació a les unitats estratigràfiques que es poden diferenciar. Aquestes discrepàncies esdevenen més evidents amb la publicació del mapa geològic de Menorca a escala 1:25.000 (Rosell *et al.*, 1989) pel desacord palès en l'atribució d'alguns afloraments a una o altra unitat estratigràfica.

ANTECEDENTS

La primera cita bibliogràfica referent al Miocè menorquí és la d'Armstrong (1752); a la seva *Història de l'illa de Menorca* inclou un mapa geològic i una làmina amb fòssils (equí-

nids i dents de tauró) d'aquesta edat. Fet i fet, és Hermite (1879) el primer autor que estableix amb exactitud la presència de terrenys miocènics a Menorca. Més tard, Nolan (1895) en destaca el caràcter transgressiu que tan sols arriba a cobrir la meitat meridional de l'illa. D'altres treballs pioners que podem destacar, en relació a aquesta primera època, són els de Fallot (1923), Nolan (1933) i les aportacions paleontològiques de Bauzá (1966, 1967), Colom (1960), Bauzá i Mercadal (1961, 1962). La datació més precisa del Miocè menorquí, en aquesta primera època, és la de Bourrouilh i Colom (1968) que li assignen una edat vindoboniana i més tard Bizon *et al.* (1973) que l'atribueixen a la zona N16 de foraminífers de Blow.

Una segona època es pot considerar iniciada amb la tesi doctoral d'Obrador (1970a). En la seva opinió, la conca on es van dipositar els materials miocènics del Migjorn menorquí es va originar per processos tectònics de tipus extensional, associats a l'orogènesi alpina. Fou en el Miocè inferior quan es delimità una àrea emergida, generadora de sediment, i una conca subsident amb una elevada producció autòctona de naturalesa carbonàtica i, al mateix temps, receptora de sediments al·loctons procedents de la zona de Tramuntana. El contacte entre les dues zones (Tramuntana i Migjorn) és interpretat, en aquest treball, com un sistema de falles que controlen la sedimentació en el vorell de

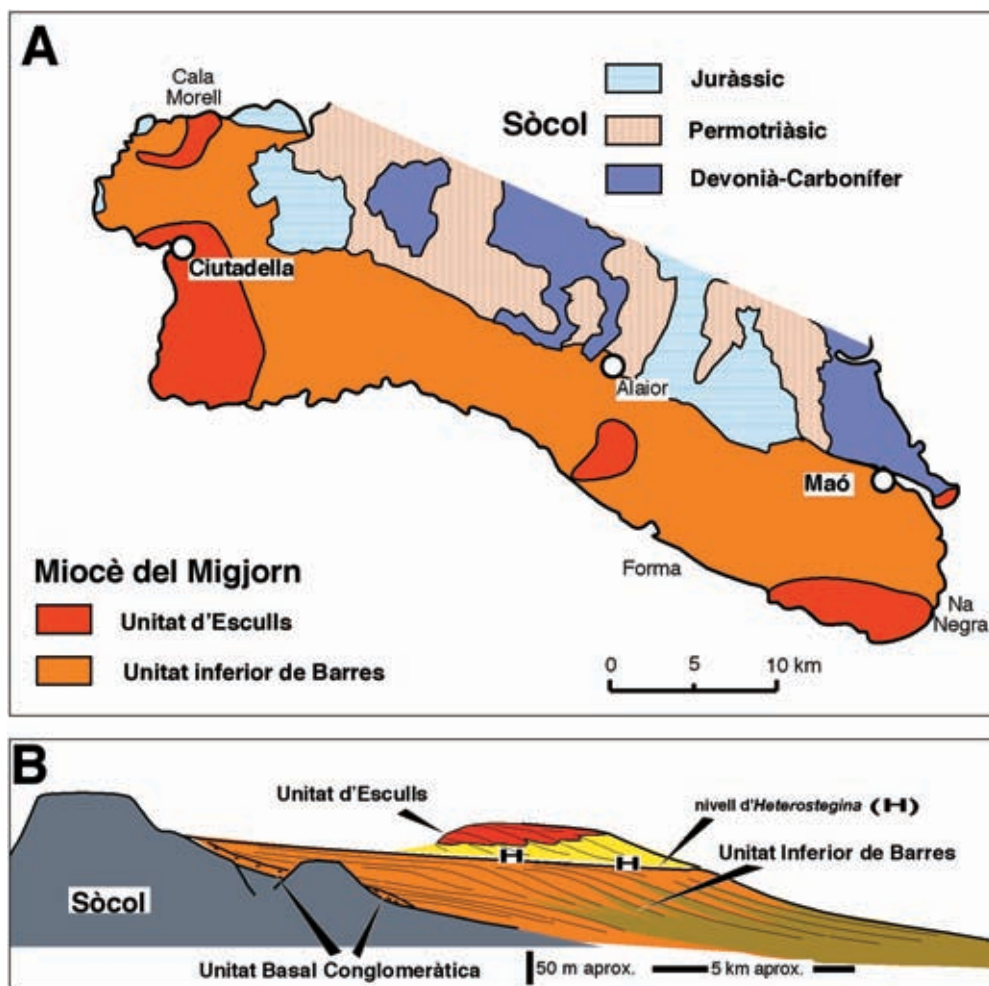


Fig. 4.1. Unitats deposicionals del Neogen del Migjorn menorquí. Modificat de Obrador *et al.*, 1983a. A: Mapa del Migjorn de Menorca que mostra els afloraments de les unitats Inferior de Barres i Escullosa (la cartografia de la Unitat d'Esculls al sud d'Alaior és incompleta a causa de la inaccessibilitat dels afloraments de la part central del Migjorn). B: Esquema estratigràfic sintètic del Miocè del Migjorn.

la conca. Aquest autor defineix tres unitats: una inferior conglomeràtica i sintectònica, de caràcter predominantment continental, associada a sediments marins, una intermèdia transgressiva i una superior netament regressiva. Atribueix una edat helveciana a les unitats inferiors i una edat helveciana-pliocènica a la superior (Obrador 1970a, b i Obrador 1972-73). La interpretació de fàcies litorals a la unitat superior regressiva, portà aquest autor a considerar

el rebliment progressiu de la conca i el desplaçament de la línia de costa cap al sud. Estima que la potència del Miocè supera els 500 m.

Bourrouilh (1973) discrepa d'alguns aspectes d'aquest model. Segons aquest autor el Miocè menorquí estaria constituït per dos episodis transgressius separats per una regressió limitada provocada per reajustaments del sòcol. Altres punts de divergència es refereixen al significat del límit entre les regions de Tramuntana

i Migjorn, que ell interpreta com un límit erosiu. Considera que una gran part de la Tramuntana va ser coberta per la mar vindoboniana i, per tant, els dipòsits miocènics del Migjorn no correspondrien a sediments litorals ni estarien associats a un sistema de falles.

Bizon *et al.* (1973) identifiquen a Menorca i Mallorca microfaunes del Messinià, que pertanyen a un mar càlid, obert i de salinitat normal. Posteriorment Bizon *et al.* (1975, 1978) consideraren la possibilitat que la sedimentació miocènica tingués el seu inici al Burdigalià.

Els treballs d'Obrador i Bourrouilh (oo. cc.) obren una polèmica que, a hores d'ara, encara no està clarificada del tot per la falta de datacions precises d'alguns afloraments i, en conseqüència, per la dificultat de demostrar algunes de les correlacions que proposen els autors a les seves interpretacions. Una d'aquestes discussions està relacionada amb el significat i la datació dels conglomerats aflorants al port de Maó, cala Morell i macar de sa Llosa (aquest darrer aflorament situat a la regió de Tramuntana). Bourrouilh (1970, 1973, 1983) assigna una edat oligocènica-miocènica inferior als conglomerats del macar de sa Llosa, mentre que, Rosell *et al.* (1976), per contra, consideren, sense arguments paleontològics, que els tres afloraments esmentats anteriorment són sincrò-

nics i d'edat miocènica. L'edat oligocènica és acceptada, amb reserves, per Bizon *et al.* (1978) i corroborada per Ramos (1988). Obrador *et al.* (1983d) consideren que els conglomerats de cala Morell pertanyen a dues unitats estratigràfiques diferents totes dues d'edat miocènica.

Una tercera època es pot considerar oberta amb la publicació d'un nou model sedimentològic (Barón *et al.*, 1979), diferent dels anteriors d'Obrador i de Bourrouilh. Barón *et al.* consideren el Neogen menorquí format per dues grans unitats: una inferior, que inclou les fàcies conglomeràtiques de cala Morell i un conjunt de limolites calcàries atribuïdes al Tortonià (que interpreten com a fàcies de talús d'escull), i una unitat superior escullosa que comprèn fàcies de calcarenites, calcisiltites i calcarenites dolomititzades amb rodofícies, atribuïda al Tortonià superior. Aquest model incorpora, per primera vegada, un complex d'escull de coralls a la plataforma del Migjorn menorquí. Aquest fet portà a una revisió sistemàtica del Miocè de les Balears que fou analitzada primerament per Riba (1981, 1983).

Com a conseqüència de la celebració a Menorca, l'any 1983, del X Congreso Nacional de Sedimentología es generen noves aportacions entre les que destaquen les de Rosell i Llompart (1983), Barón *et al.* (1983, 1984) i

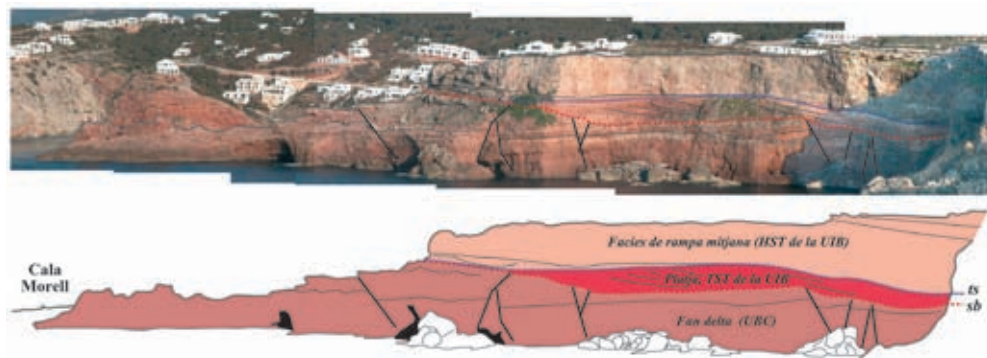


Fig. 4.2. Conglomerats de la Unitat Basal i de la Inferior de Barres a es cul de sa Ferrada (cala Morell). A) Fàcies *rhodalg* (rampa mitjana) de la UIB corresponent al conjunt de sistemes d'alt nivell (HST: *Highstand Systems Tract*). B) Fàcies de platja conglomeràtica (*foreshore*) de la base transgressiva (TST: *Transgressive Systems Tract*) de la UIB, limitada a la base per una superfície de discordança angular, que correspon a un límit de seqüència (sb) i al sostre per una superfície d'erosió (ravinement) que correspon a la superfície transgressiva (ts). C) *Fan delta* de la UBC. Està lleugerament basculat i afectat per fractures subverticals que s'interrompen a la superfície de discordança que la limita al sostre.

Obrador *et al.* (1983a, b, c, d). Rosell i Llompart (1983) defineixen tres unitats amb valor de seqüències deposicionals separades per discordances situades a $-11,5$ i $-6,6$ Ma, malgrat l'absència de datacions. La unitat inferior és conglomeràtica (fàcies de *fan delta*), la intermèdia calcarenítica (fàcies d'illes barreres separades per canals mareals) i la superior, escullosa.

Obrador *et al.* (1983a) diferencien cinc unitats integrades en dues seqüències deposicionals. La seqüència inferior comprèn una Unitat Basal i una Unitat Detrítica que enregistren un cicle transgressiu-regressiu de caràcter sintectònic. L'atribueixen al Miocè inferior i la correlacionen amb els dipòsits d'aquesta mateixa edat que afloren a l'illa veïna de Mallorca. La seqüència superior abasta tres unitats: la Unitat Inferior de Barres, discordant sobre la seqüència inferior o sobre el sòcol premiocènic, enregistra un ràpid episodi transgressiu seguit d'una regressió. Inclou fàcies de plataforma progradant cap al sud i és atribuïda al Tortoní. Una important ruptura

sedimentària marca l'inici de la Unitat d'Esculls (Unidad Arrecifal d'Obrador *et al.*, 1983a) que comprèn fàcies de plataforma externa, talús i paret escullosa i és atribuïda al Tortoní superior-Messinià. Per últim la Unitat Superior de Barres s'hi adossa i/o recobreix les fàcies de talús de la Unitat d'Esculls o les megalàmines de progració de la Unitat Inferior de Barres i s'assigna, amb molta incertesa, al Messinià-Pliocè. Aquesta Unitat Superior de Barres ha estat descartada recentment com a unitat estratigràfica independent i reinterpretada com a dunes submarines al peu de les fàcies de talús de la Unitat Inferior de Barres (Pomar *et al.*, 2002).

Barón *et al.* (1984) complementen, amb informació de superfície, el seu model basat en dades de sondejos per tal d'evidenciar les fàcies "ocultes" i fer possible la correlació entre les unitats superficials i les del subsòl. Presenten un mapa amb la disposició del sòcol i estableixen la relació entre el model geològic i el funcionament hidràulic de l'aquífer més

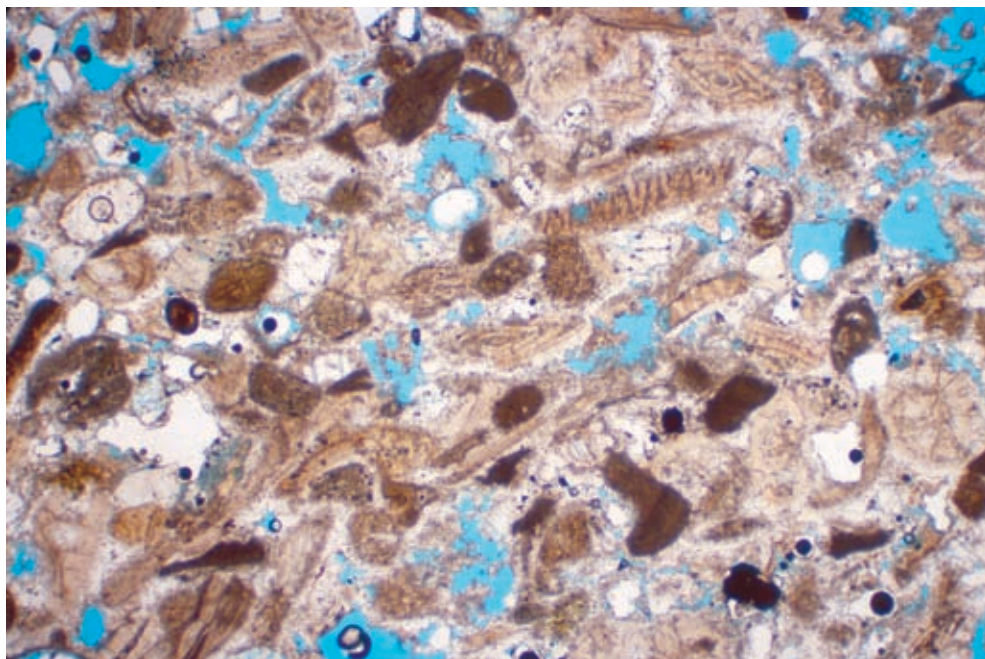


Fig. 4.3. Detall de la fàcies de *grainstones* amb estratificació encreuada (rampa intermèdia a cala Rafalet). S'hi poden reconèixer *Amphistegines* i d'altres foraminífers bentònics, fragments de mol·luscs i algues rodofícies (el costat llarg de la microfotografia amida 5 mm).

important de l'illa. Jurado (1984, 1985) realitza una exhaustiva anàlisi del Neogen de la zona occidental de l'illa (Ciutadella) entre punta Nati i cap d'Artrutx. Accepta les cinc unitats definides per Obrador *et al.*, (1983a) i descriu detalladament les textures, components i característiques generals dels materials de fàcies esculloses (Unitat d'Esculls).

Guimerà (1985) estudia el Miocè de la part central dels penya-segats del Migjorn, entre cala Binidalf i cales Coves, que atribueix a la Unitat d'Esculls. Descriu, de manera superficial, uns nivells laminats i ondulats, que havien estat citats i interpretats prèviament per Rosell i Llompart (1983) com estromatòlits, entapissant les barres que afloren entre cala Canutells i es Caparrot de Forma. La interpretació d'aquestes fàcies laminades com a formacions estromatolítiques és, al nostre entendre, gratuïta per la manca de dades. Basant-se en les associacions de fàcies i el seu contingut fòssilífer, Obrador *et al.* (1992) i Pomar *et al.* (2002) les han interpretades com a hemipelagites finament laminades i interestratificades amb turbidites i debrites (dipòsits de *debris flow*).

Colom (1985), basant-se a les mostres d'un sondeig d'Es Migjorn Gran, detecta fàcies evaporítiques del trànsit Miocè-Pliocè. Aquesta cita mai no ha estat tinguda en compte per altres investigadors.

Fornós (1987) estudia els sediments actuals de la plataforma balear per tal d'establir un model de plataforma carbonàtica de mars temperats i els compara amb el registre fòssil del Miocè. Tot acceptant les unitats definides per Obrador *et al.* (1983a), complementa la seva descripció amb l'anàlisi quantitativa de la composició dels diferents components esquelètics i litoclàstics. Les fàcies que troba a la Unitat Basal són molt variades, des de les totalment terrígenes a les totalment bioclàstiques, destacant-hi la presència d'esculls de coralls, localment ben desenvolupats, que permeten inferir unes condicions més càlides que les actuals. L'absència de peloides, oòlits i algues verdes no permet considerar aquestes fàcies com a pertanyents a l'associació *Chlorozoan* de Less (1973) a la vegada que la presència de coralls les exclou de l'associació *Foramol*. Pel

que fa a la Unitat Inferior de Barres, el gran percentatge d'algues rodofícies, briozous i mol·luscs juntament amb l'absència de coralls i algues verdes permeten atribuir aquests materials a la fàcies *Foramol*. Per últim la composició dels sediments assignats a la Unitat d'Esculls marca una clara diferència amb les unitats anteriors: la presència de colònies ben desenvolupades de coralls, d'algues verdes i una composició tipus *Chlorozoan*.

Rosell *et al.* (1989), a les memòries explicatives de la cartografia geològica a escala 1:25.000 publicada per l'I.G.T.E, descriuen la zona de Migjorn com una complexa plataforma carbonàtica, localment escullosa. Consideren vigents les unitats definides per Rosell i Llompart (1983) sense esmentar les discrepàncies existents pel que fa a l'edat i a la interpretació sedimentològica proposada per Obrador *et al.* (1983a, b, c, d). A la cartografia de la unitat intermèdia diferencien un sistema d'esculls bioconstruïts que limiten un *lagoon* o albufera cap a la zona de Tramuntana i fàcies de talús cap a mar obert. La unitat superior, també escullosa i amb un *lagoon* poc desenvolupat que no descriuen, la consideren constituïda per un mínim de set unitats progradants la darrera de les quals correspon a la Unitat Superior de Barres d'Obrador *et al.* (1983c). Per a estalonar aquesta interpretació presenten una cartografia que, en molts casos, no es correspon amb les litofàcies que es troben sobre el terreny. Mencionen (full 647, Maó, p. 22) que el contingut paleontològic d'aquesta unitat ha estat estudiat per Llompart (1982, 1983) i Llompart i Calzada (1982). Hem de fer notar el lapsus cronoestratigràfic que aquestes referències impliquen: el treball de Llompart (1983) fa referència al *Amphiope bioculata* que situen a les fàcies conglomeràtiques inferiors i el de Llompart i Calzada (1982) als braquiòpodes messinians que en altres descripcions (full 646, cala en Brut i Alaïor, p. 14) situen a la unitat intermèdia dataada com a tortoniana. El treball de Llompart (1982), que estudia els nòduls algal de Binidalf, és l'únic que correspon a un aflorament que cartogràficament entra dins aquesta unitat, encara que al nostre parer (Obrador *et al.*, 1983a) pertany a la unitat intermèdia.



Fig. 4.4. *Clinobeds* de cala Biniparratx (*rudstones/floastones* de rodòlits) a les fàcies del talús de la rampa.

Obrador *et al.* (1992) estudien en detall les fàcies de la Unitat Inferior de Barres als voltants de Forma. Hi distingeixen cinc associacions de fàcies: (1) gresos, conglomerats i calcarenites amb estratificació inclinada planar i unidireccional, (2) *packstones* bioturbats de gra fi, (3) *packstones* i *grainstones* de gra mitjà a groller, (4) *packstones*, *grainstones* i *rudstones* amb abundants rodòlits que presenten *clino-beds* oblics i sigmoidals i (5) *rudstones* amb còdols de rodòlits i oolites clarament resedimentats (bretxes de Forma). Estudien acuradament les fàcies amb rodòlits de Binidali que interpreten com a fàcies de rampa externa i analitzen amb detall el significat dels còdols amb oolites de les bretxes de Forma que reflexen l'existència de fàcies oolítiques d'edat tortoniana no reconegudes *in situ*. Com que els dipòsits atribuïts a la rampa interna no es troben resedimentats en la rampa externa, proposen que la Unitat Inferior de Barres correspon a una *distally steepened ramp* (*sensu* Read, 1985). Per últim correlacionen la discontinuïtat que representa aquesta bretxa amb la superfície de carstificació o erosió que separa la

Unitat Inferior de Barres de la Unitat d'Esculls en altres punts de l'illa (s'Algar, cala en Blanes). Aquestes interpretacions han estat parcialment modificades per Pomar (2001) i Pomar *et al.* (2002).

Gómez (1999) atribueix els conglomerats que afloren en el penya-segat de la costa entre punta Nati i cap Bajolí a la Unitat Basal d'Obrador *et al.* (1983a i d); els situa per sota d'unes calcarenites dolomítiques equivalents a la Unitat Inferior de Barres dels autors abans esmentats i els hi assigna una edat tortoniana. Aquesta correlació no és compartida per Rosell *et al.* (1989) que col·loquen aquestes calcarenites dins la unitat superior del Miocè.

Pomar *et al.* (2002) descriuen i analitzen una altra vegada i amb més detall les fàcies de la Unitat Inferior de Barres al sector oriental de l'illa, encara que a la seva anàlisi hi inclouen també alguns afloraments del sector occidental. La bona qualitat dels afloraments del sector oriental de l'illa permet interpretar aquesta unitat com una rampa progradacional amb ruptura distal (*distally steepened ramp*) que inclou litofàcies de tipus *rhodalgal* d'on

són absents els esculls coral·lins. La seva potència, manejant les dades de Barón *et al.* (1984), és estimada en uns 500 m i l'atribueixen al Tortonià inferior. Consideren les relacions d'aquesta rampa amb la Unitat d'Esculls suprajacent a la qual assignen una edat Tortonià superior-Messinià i reinterpreten la superfície de discontinuïtat que separa les dues unitats esmentades. Aquesta discontinuïtat, en posicions mitjanes de la rampa, està associada a una capa de potència mètrica formada per *rudstone* d'*Heterostegina* amb grans *Clypeaster* (que també s'ha descrit a Mallorca en la mateixa posició) i, tan sols a l'est de l'illa (na Negra-s'Algar), es correlaciona amb una superfície de dissolució amb dipòsits de fosfats i glauconita, molt rica en foraminífers planctònics. El significat d'aquesta ruptura sedimentària, en termes d'estratigrafia seqüencial, havia estat prèviament considerat en detall per Pomar (2001). Les discrepàncies més evidents amb Rosell *et al.* (1989) són degudes a que la majoria dels afloraments descrits en aquest treball dins de la Unitat Inferior de Barres, són inclosos per Rosell *et al.* (1989) dins de la unitat superior escullosa, malgrat estiguin situats per sota d'aquesta important discontinuïtat estratigràfica que separa ambdues unitats sedimentàries.

Rosell i Llompart (2002) publiquen una extensa guia pràctica de geologia. En no incloure cap referència a les aportacions fetes per altres autors, deixen sense ponderar moltes interpretacions discrepants que sobre un mateix aflorament han estat publicades. Com a novetat mencionen que la darrera transgressió miocènica retreballa els nivells de còdols, transportats pels torrents quan el nivell de la mar era més baix i es desenvolupen tapisos de cianòfits (caleta de sa Cigonya) que correlacionen amb la crosta ferruginosa de s'Algar. Diuen que, en generalitzar-se l'ambient transgressiu, es restableix la sedimentació marina i es dipositen calcarenites i calcàries esculloses de la unitat miocènica superior que correlacionen amb el Complex Carbonàtic Terminal, equivalent de les Calcàries de Santanyí descrites a la veïna illa de Mallorca, encara que amb fàcies molt diferents.

FÀCIES I UNITATS

En aquest treball proposem, d'acord amb les dades estratigràfiques disponibles, una subdivisió estratigràfica del Miocè menorquí (Fig. 4.1), que modifica parcialment les unitats definides per Obrador *et al.* (1983a). La nova Unitat basal conglomeràtica (UBC) del present treball inclou la Unitat Basal (UB) i la Unitat Detrítica (UD), que tan sols es coneixen al sector occidental de l'illa, i en afloraments molt petits. El seu límit superior és una superfície de discordança angular, i pensem que pot ser atribuïda al Miocè inferior i/o mitjà. La Unitat Inferior de Barres (UIB) és atribuïda al Tortonià inferior (N16 de Blow) i la Unitat d'Esculls (UE) (Unidad Arrecifal d'Obrador *et al.*, 1983a) al Tortonià superior-Messinià (N17) d'acord amb les dades de Bizon *et al.* (1973) a Mallorca i Menorca, Álvaro *et al.* (1984) a Mallorca i Pomar *et al.*



Fig. 4.5. Detall de les fàcies de rampa externa (*wackestone/packstone* finament laminades). Ses Capelles (localització a la Fig. 4.14).

(1996) també a Mallorca i Menorca. Considerem que la Unitat Superior de Barres prèviament definida per Obrador *et al.* (1983a) no correspon a una unitat estratigràfica independent; les noves i detallades dades cartogràfiques i estratigràfiques obtingudes recentment (*vide* figures 3 i 14 in Pomar *et al.* 2002) permeten veure clarament que aquestes barres estan intercalades als dipòsits del peu de talús de la rampa tortoniana (Unitat Inferior de Barres).

Unitat basal conglomeràtica (UBC)

Inclou la Unitat Basal (UB) i la Unitat Detrítica (UD) d'Obrador *et al.* (1983a); és equivalent en part a la Unitat Inferior de Rosell i Llompart (1983) i a la T^a de Barón *et al.* (1983). Constituïda bàsicament per conglomerats, presenta un caràcter discontinu i aflora, localment,

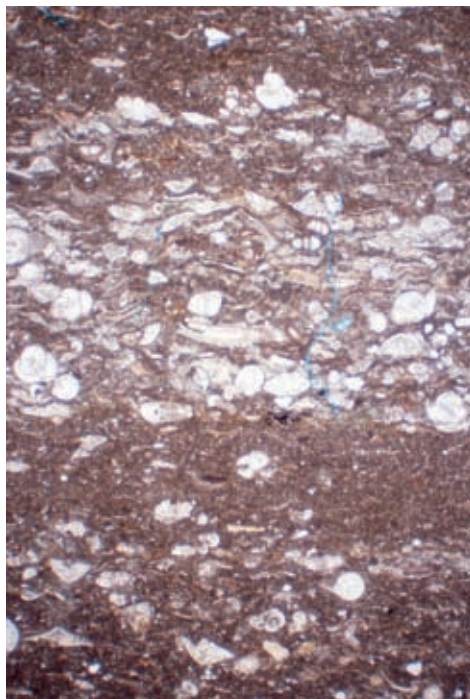


Fig. 4.6. Làmines milimètriques a les façies de rampa externa: alternança de wackestone/packstone amb foraminífers planctònics i petits foraminífers bentònics (el costat llarg de la microfotografia amida 5 mm).

a les immediacions del contacte entre les regions de Migjorn i Tramuntana (cala Morell) o bé fossilitza el sòcol mesozoic entre es Llosar i es pont d'en Gil. A cala Morell (es cul de sa Ferrada), s'hi poden observar dues unitats conglomeràtiques clarament diferents (Fig. 4.2). La inferior (UBC) forma part d'un *fan delta*, està afectada per falles verticals i està truncada, al sostre, per una superfície d'erosió. Per sobre, en discordança angular, hi ha un altre cos conglomeràtic amb estratificació encreuada de baix angle, que ha estat interpretat com a dipòsit de platja retrogradant (*Transgressive Systems Tract*, TST) del sistema transgressiu (Obrador *et al.*, 1983d; Pomar *et al.*, 2002). La Unitat Inferior de Barres recobreix tant els dipòsits de platja del sistema transgressiu com la UBC i el basament. Els dipòsits conglomeràtics que afloren al port de Maó no poden atribuir-se a la Unitat Basal Conglomeràtica, ja que són part dels dipòsits litorals (*fan delta*) de la Unitat Inferior de Barres (rampa tortoniana) (Pomar *et al.*, 2002). Dipòsits basals conglomeràtics han estat també detectats en nombrosos sondatges de la zona de Ciutadella, Es Migjorn Gran i Maó (Barón *et al.*, 1984 i Fornós, 1987), però aquests dipòsits conglomeràtics tampoc poden assignar-se amb seguretat a la UBC, ja que poden ser part de les platges transgressives, retrogradants, que es troben a la base de la rampa (es cul de sa Ferrada), o són part dels *fan deltas* als marges de la rampa (port de Maó).

a) CONGLOMERATS QUE FOSSILITZEN EL SÒCOL MESOZOIC. A la zona de Ciutadella aquesta façies (UB d'Obrador *et al.*, 1983a i d) està constituïda per còdols i blocs de dolomies procedents del basament mesozoic que incorporen abundants restes fòssils entre les quals destaquen els coralls. Els còdols i també el basament es troben perforats per mol·luscs i sponges. La màxima potència observada és de 40 m (punta Espardina). Localment fossilitzen conglomerats i bretxes càrstiques (cap Bajolí) de caràcter continental que, pel fet de trobar-se aïllats, fan problemàtica la seva atribució al Miocè. Així i tot, la presència de *Gymnesicolagus* ha permès atribuir alguns afloraments al Languià (Quintana, 1998). Altres dipòsits de característiques sedimentològiques similars, però amb altres asso-



Fig. 4.7. Dunes al peu del talús (cap d'en Font).

ciacions faunístiques, han estat situats en el Messinià (Seguí *et al.*, 2001). Aquest fet aconsella incloure només dins de la UBC aquells dipòsits que puguin ser datats com del Miocè inferior/mitjà o que es trobin recoberts per la UIB, mitjançant una discordança.

Les característiques sedimentològiques d'aquests materials permeten interpretar-los com a dipòsits d'ambient litoral o de peu de penya-segats (Obrador, 1970a) i amb tota seguretat representen els primers sediments marins del Neogen menorquí.

b) CONGLOMERATS ADOSSATS AL BASAMENT, A LA ZONA DE TRAMUNTANA. Corresponen a fàcies desorganitzades amb còdols i blocs de mida molt variable que puntualment poden superar els 3 m de diàmetre. La matriu lutítica o arenosa és molt abundant fins al punt que a vegades els còdols es troben aïllats i "surant" dins de la matriu (*matrix-supported*). El contacte inferior i superior és pla a escala d'aflorament. Els cossos conglomeràtics presenten, freqüentment, bases erosionals i han estat interpretats com dipòsits de canal. La composició dels còdols i blocs està

molt condicionada per la naturalesa de l'àrea font. A la zona de cala Morell, els còdols són de procedència permotriàsica i juràssica i la seva mida depèn de la posició dins el sistema deposicional. Entre cala Morell i el codolar de Biniatram els còdols i blocs omplen una vall originada per processos tectònics (Bourrouilh, 1973). A cala Morell-es cul de sa Ferrada, les fàcies conglomeràtiques passen, en direcció a l'oest (punta Espardina, s'Encletxa de s'Ull de Sol), a gresos que contenen molt escassos foraminífers. Els pocs afloraments de la part central mostren una àmplia varietat litològica. El fet que aquesta fàcies conglomeràtica es trobi sempre, tant en superfície com en profunditat, en relació a esglaons del basament premiocènic (zones de fractures?), com també les seves associacions de fàcies i la seva organització interna, permeten atribuir-ne la formació (Rosell, *et al.*, 1976, Obrador *et al.*, 1983a) a dipòsits torrencials que desembocaven directament al mar on eren retreballats per les onades, com demostren les estructures sedimentàries i els còdols amb marques de bioerosió (esponges i mol·luscs litòfags).

Unitat Inferior de Barres (UIB)

Correspon a la rampa tortoniana de Pomar (2001) i de Pomar *et al.* (2002), a la Unitat Intermèdia i part de la Superior de Rosell i Llompart (1983) i a la T² (i presumiblement la M¹) de Barón *et al.* (1983). Inclou també els dipòsits amb estratificació encreuada que prèviament s'havien diferenciat com a Unitat Superior de Barres per part d'Obrador *et al.* (1983a). És expansiva a la base i discordant sobre la UBC (cul de sa Ferrada) o directament sobre el sòcol premiocènic. Amb una potència estimada d'uns 500 m segons Barón *et al.* (1984), comprèn les següents litofàcies (Pomar *et al.*, 2002):

a) CONGLOMERATS I GRESOS. Aflora de manera espectacular al port de Maó i al cul de sa Ferrada (cala Morell). Es poden diferenciar tres subfàcies: (1) conglomerats i gresos/limolites roges sense fauna marina (2) gresos conglomeràtics amb estratificació encreuada i fauna marina i (3) conglomerats i gresos conglomeràtics.

Els conglomerats i gresos/limolites roges (1) es presenten interestratificats amb còdols subangulosos derivats predominantment del Paleozoic en el sector oriental de l'illa i del Permotrias a l'extrem occidental. També inclouen còdols de dolomies del Mesozoic. La matriu és arenosa o llimosa i localment és de color roig. L'estratificació és poc aparent. Puntualment algunes capes presenten conglomerats sense matriu amb còdols discoidals imbricats. Els còdols carbonatats no mostren traces de bioerosió. En el port de Maó (punta Roja) els gresos i limolites de color roig tenen una potència mètrica i presenten estructures de rels. Els fòssils marins són absents. Interpretam aquesta litofàcies com a corresponent a un dipòsit continental en un ambient de ventalls al·luvials, o sigui, amb unes característiques similars als conglomerats subjacents de la UBC dels quals es troben separats (cul de sa Ferrada) per una superfície de discordança (al port de Maó aquesta superfície de discordança no és detectable degut a l'orientació dels afloraments). L'atribució per part nostra d'alguns afloraments conglomeràtics a la UIB o a la UBC, la feim solament a partir de les relacions laterals i verticals de fàcies (visibles o interpretades).

Els gresos conglomeràtics amb estratificació encreuada (2) són quarsosos, moderadament classificats i suporten còdols subangulosos de fins a 15 cm de diàmetre que en alguns afloraments es presenten imbricats. La seva potència màxima és d'uns 3 m amb capes decimètriques inclinades de 5 a 10°. En el port de Maó (illa del Rei, es Canal) inclouen abundants equínids plans (*Amphiope*) i altra fauna marina. Al cul de sa Ferrada (cala Morell), són inaccessibles per la seva posició al penya-segat. Aquesta litofàcies és interpretada com un dipòsit de platja de baixa energia (*foreshore*).

La fàcies de conglomerats i gresos conglomeràtics (3) està formada per capes de conglomerats de 0,5 a 1 m de potència amb estratificació subhoritzontal o lleugerament inclinada. Moltes superfícies d'estratificació són difuses o ondulades però algunes són netes i clarament erosives. Ben igual que els conglomerats descrits anteriorment, presenten còdols derivats del Paleozoic en el sector oriental de l'illa i del Mesozoic en el sector occidental. Els còdols carbonatats estan perforats per mol·luscs litòfags i esponges i els procedents del Paleozoic tenen forma discoidal i es presenten imbricats. El gresos, amb abundant quantitat de quars de gra gruixut a mitjà/fi, estan mal classificats i inclouen alguns còdols aïllats. Són abundants les estructures de bioturbació, com també equínids (*Amphiope*) sencers o els seus fragments, i també motles de bivalves (cala Figuera) i restes de foraminífers bentònics. Alguns nivells mostren fantasmes d'estratificació encreuada unidireccional de baix angle. Aquesta litofàcies ha estat interpretada com a dipòsit de *fan delta*, remanegat en un ambient de *shoreface*.

b) *PACKSTONE* BIOTURBATS. Aquesta litofàcies és l'equivalent lateral dels conglomerats i gresos descrits anteriorment, però també els recobreixen. Es presenta des de massiva a ben estratificada, encara que els plans d'estratificació són, en general, poc evidents a causa de la manifesta bioturbació (es cul de sa Ferrada, cala Figuera, cala Sant Esteve). De manera incipient es poden apreciar fantasmes d'estratificació encreuada unidireccional (punta de Binissaida). Es tracta de *packstones* de mol·luscs i foraminífers amb grans de mida

fina a mitjana, que inclouen motles de fragments de bivalves i altra fauna de mida grossa. Està intensament dolomititzada i els grans de quars hi són abundants o, localment, predominants. La presència de grans detrítics de dolomia amb sobrecreixements de dolomia és característica d'aquesta litofàcies (Freeman *et al.*, 1983). Els nivells basals són rics en fragments d'equínids i motles de bivalves i gasteròpodes. Localment *Thalassinoides ophiomorpha* hi abunda, com també una estructura d'aspecte radial que fins al present no hem trobat descrita. Alguns foraminífers bentònics i fragments d'algues roges hi són presents. L'absència d'estructures d'onatge en un ambient que considerem de poca fondària, així com la mala selecció dels components d'aquesta fàcies, permet pensar que es tracta de sediments atrapats per prades de fanerògames (*vide* Pomar *et al.*, 2002 per a més detalls). Una interpretació alternativa podria atribuir aquesta fàcies a un ambient d'albufera, cosa que descartam, ateses les associacions de fàcies.

C) *GRAINSTONES* AMB ESTRATIFICACIÓ ENCREUADA.

Aquesta fàcies representa un pas lateral de la descrita anteriorment o bé s'hi presenta interestratificada i en general està intensament dolomititzada, tot i que hi ha llocs on es preserva la seva composició original calcítica. Inclou rodòlits (aïllats o agrupats), fragments d'algues roges, equínids, briozous, mol·luscs i foraminífers (*Amphistegina* i alguns fragments d'*Heterostegina*) (Fig. 4.3). Els components terrígens (dolomia i quars de calibre arena) estan poc rodats. La característica principal d'aquesta fàcies és la estratificació encreuada de tipus planar o còncaua amb sets de 10-20 cm de potència i angles d'inclinació de 4-5° (es Barrancons i cala Piques). La laminació interna presenta inclinacions de 10-20° cap el WNW (es Barrancons). Aquestes unitats s'agrupen en paquets de 2-5 m de potència i no presenten estructures d'onatge. Als afloraments orientals de Menorca, la mida d'aquestes estructures encreuades augmenta en direcció al sud, des des Barrancons fins a cala Rafalet. La bioturbació és abundant i localment

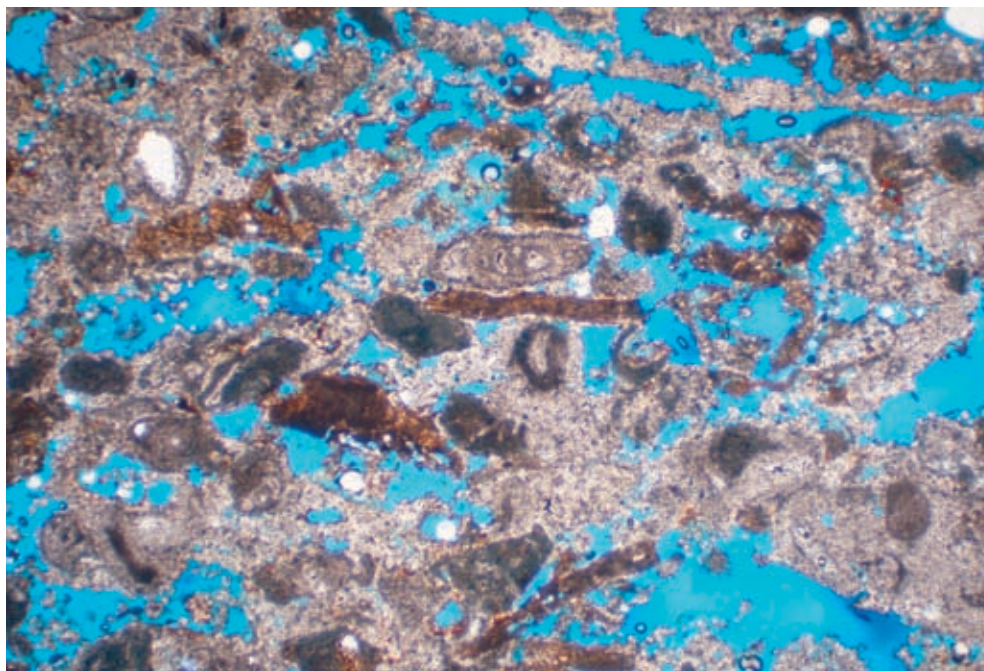


Fig. 4.8. *Grainstone* dolomititzat amb fragments de rodofícies (dunes al peu del talús. Cap d'en Font). El costat llarg de la microfotografia amida 5 mm.

esborra del tot l'estratificació. Aquesta litofàcies és interpretada com a dunes subaquàtiques formades per un corrent unidireccional paral·lel a la costa, a fondàries d'entre 40 i 70 m (per a més detalls en aquesta interpretació veure Pomar *et al.*, 2002).

d) *GRAINSTONES/RUDSTONES* AMB RODÒLITS. Aquesta fàcies es presenta en pas lateral (cap al sud) de l'anteriorment descrita i es caracteritza per una estratificació inclinada de gran escala (*clinobeds*) amb angles de 15-20° (Fig. 4.4). Està també molt dolomititzada. Aquests *clinobeds* estan formats per *rudstones/flostones* de rodòlits intercalats amb *grainstones* d'algues roges de mida grossa a mitjana. Les capes de *rudsto-*

nes són de 20-50 cm de potència i s'amalgamen en paquets de 10-15 m que a vegades intercalen *grainstones* de 10-20 cm de gruix. Els intervals de *grainstones* contenen foraminífers bentònics, fragments d'equínids, briozous i fragments de mol·luscs. En conjunt formen cossos d'uns 15 m de potència formats per capes de 10-60 cm que a vegades intercalen làmines de *rudstones* de rodòlits. Els *clinobeds* presenten una llargada visible de 100-200 m (condicions d'aflorament) i prograden fins a 2-5 km a la zona de Binidali, un dels afloraments més estudiats de Menorca i on les interpretacions sedimentològiques són les més contradictòries. Per a Llompart *et al.* (1979-80) correspon a sediments intermareals.

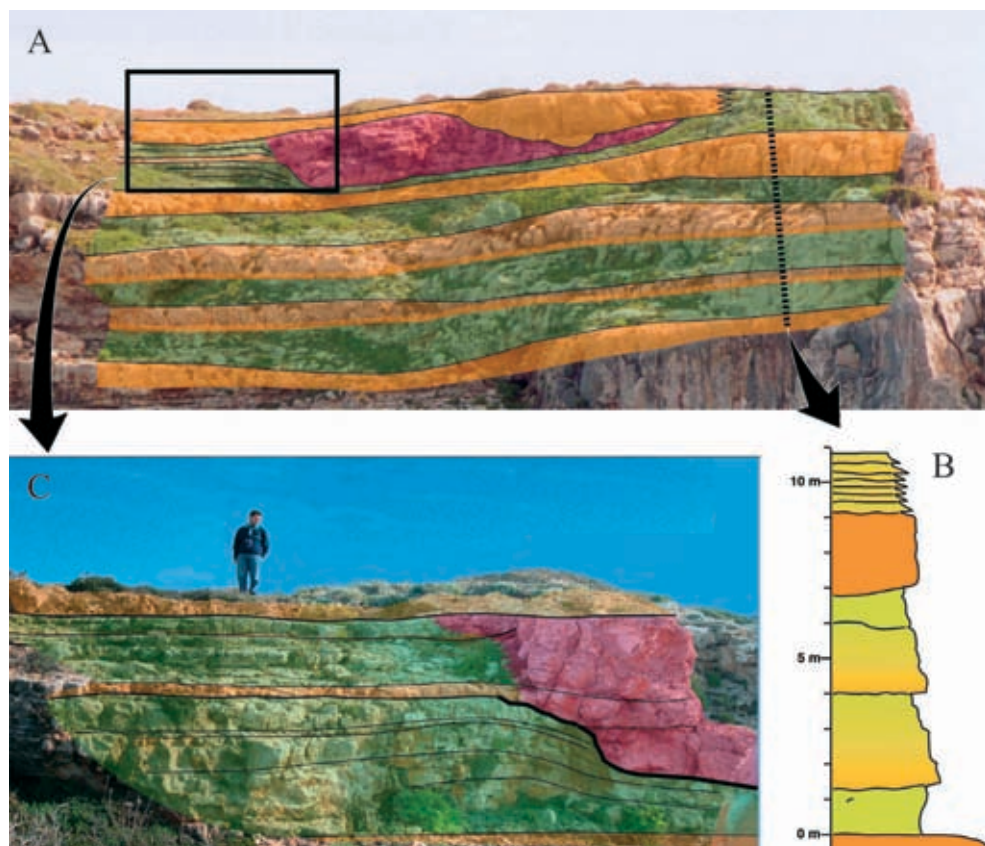


Fig. 4.9. Visió general (A) de les fàcies turbidítiques segons una secció perpendicular a la direcció de transport (n'Abella entre cala Canutells i cala Binidali). Hi és molt evident (A i B) una superposició de capes turbidítiques i canals reberts de *rudstones/flostones* de rodòlits i mol·luscs, que lateralment (C) passen a capes fines formades per turbidites diluïdes (*overbank*). (En color vermell: *rudstone/flostone*; en groc: *grainstone/packstone* de gra gruixat i en verd: *packstone/wackestone* de gra fi).

Per a Rosell *et al.* (1989) i Rosell i Llompart (2002) els rodòlits se situarien a la part superior d'un talús d'escull i formarien part de la unitat superior del Miocè d'edat messiniana. Nosaltres els hem interpretat com el talús progradant de la rampa tortoniana, d'acord amb l'anàlisi de les relacions espacials de fàcies i dels seus components (Pomar *et al.*, 2002). Aquestes fàcies passen cap al nord a *grainstones* amb estratificació encreuada de la rampa intermèdia i cap al sud a debrites i turbidites del peu del talús, sense cap indici d'estructura d'escull bioconstruït.

e) *RUDSTONES MASSIUS* O *GRANOSELECCIONATS* I *GRAINSTONES/PACKSTONES*. Els *clinobeds* descrits a l'apartat anterior s'interdigiten i passen, a la part més distal (en direcció sud), a *rudstones/floatstones* o *grainstones/packstones* massius o granoseleccionats. Algunes capes presenten base neta i erosiva i gradació normal amb grans rodòlits a la base i arena grollera al sostre. Hi ha altres capes de textura *floatstone*, massives o amb laminacions horitzontals o convexes amb gran abundància de motles de grans bivalves i equínids (sencers o fragmentats). Els *grainstones/packstones* massius són d'arena bioclàstica, fina/grossa, i contenen pectínids, serpúlids i braquiòpodes. Aquesta fàcies ha estat interpretada com a dipòsit turbidític i debrites (dipòsits de *debris flow*). Altres vegades, a la part basal dels *clinobeds*, s'intercalen *grainstones* bioclàstics amb estratificació encreuada. Els *sets* tenen 10-20 cm de potència i s'empaqueten formant *bedset* d'alguns metres de gruix. La laminació encreuada d'aquestes dunes subaquàtiques indica un transport cap a l'oest, normal al sentit de progradació dels *clinobeds*. Representen el retreballament d'arenes carbonatades per corrents que ressegueixen el peu del talús de la rampa. L'absència, *in situ*, de biota dependent de la llum ens fa situar la deposició d'aquesta fàcies per sota del seu límit de penetració.

f) *WACKESTONE/PACKSTONES* FINAMENT LAMINATS AMB FORAMINÍFERS PLANCTÒNICS. Aquesta fàcies (Fig. 4.5) es troba a la part més distal dels *clinobeds* descrits anteriorment. Els foraminífers planctònics hi són molt abundants, com també els petits foraminífers bentònics (Fig. 4.6). Per contra, les *Amphistegina* i els fragments d'*Heterostegina* són rars. En algunes capes són freqüents els

equínids, els pectínids, fragments d'algues roges i colònies de briozous. Aquests dipòsits són subhoritzontals o cabussen amb un angle molt petit ($<10^\circ$) cap a la conca (sud). Presenten una estratificació ondulada d'1-2 m d'alçada i fins a 100 d'amplitud d'ona, atribuïda a processos deposicionals i esllavissades sinsedimentàries. La bioturbació és tan important que moltes vegades esborra totalment l'estratificació i la laminació interna. La dolomitització es presenta de manera molt irregular: en algunes localitats la roca és calcària i en altres és dolomia al 100%.

g) *PACKSTONES/WACKESTONES* GRANOSELECCIONATS. Aquesta fàcies, interdigitada amb les fàcies laminades descrites en l'apartat anterior, està constituïda per capes de 0,5 a 2 m de potència amb granoselecció. A la base són *packstones* de gra gruixat/mitjà que cap el sostre passen a *wackestones* de gra fi. Contenen fragments d'algues roges, equínids, mol·luscs i briozous, com també foraminífers planctònics i bentònics. Presenta intercalacions de cossos canalitzats formats per *grainstones* (Figs. 4.7 i 4.8) i *rudstones/floatstones* de rodòlits i bivalves. Inclouen intraclastos dels *packstones/wackestones* finament laminats. Aquesta fàcies ha estat interpretada com a turbidites distals (Fig. 4.9) que intercalen llengües de *debris flow* situades al peu del pendent deposicional descrit anteriorment (peu del talús de la rampa).

h) *FLOATSTONES/RUDSTONES* AMB ESTRATIFICACIONS ENCREUADES. Aquesta fàcies aflora de manera molt localitzada a la part central/oriental de l'illa (Forma, na Linot, Fig. 4.10). És constituïda per *floatstones/rudstones* de mol·luscs i rodòlits amb una matriu arenosa (*grainstones*) rica en fragments de mol·luscs, algues roges, equínids i foraminífers bentònics (Fig. 4.11). Inclou intraclastos subangulosos de mida molt variable (1-40 cm i localment >2 m) que corresponen a fragments dels *wackestones/packstones* de gra fi, així com còdols i blocs de forma discoïdal de *grainstones* d'oòlits i fragments d'*Halimeda*. Presenta una estratificació encreuada d'angle alt, inclinada talús amunt (*backsets*). Els *sets* són d'escala mètrica (Figs. 4.10, 4.11 i 4.12) i s'empaqueten en *cosets* decamètrics, intercalats entre *wackestones/packstones* laminats, de gra fi. Els còdols discoïdals mostren localment una imbricació

cació manifesta i es troben perforats per litòfags. Aquest fet i la presència d'òolits a la matriu indiquen una probable procedència de zones litorals més somes encara no identificades en afloraments *in situ* (Obrador *et al.*, 1992). Es troben sempre localitzats a l'eix de grans solcs, de 0,5 a 1 km d'amplada i més de 60 m de fondària (na Linot, es Caparrot de Forma) que, orientats de nord a sud, trunquen els dipòsits del talús de la rampa (Fig. 4.12). Aquestes característiques permeten interpretar aquesta fàcies com a *backsets* que prograden contrapendent a partir de fluxos de sediments que davallen a gran velocitat pels solcs formats per esllavissades al talús de la rampa (Pomar *et al.*, 2002).

Unitat d'Esculls (UE)

És equivalent a la unitat M² de Barón *et al.* (1983) i, només en part, a la Unitat Superior de Rosell i Llompart (1983). Recentment Pomar *et al.* (1996) i Pomar (2001) l'atribueixen al Tortonià superior-Messinià inferior (N17).

Correspon a una plataforma escullosa que progradà sobre uns nivells d'1-2 m de potència, constituïts per *packstones* d'*Heterostegina* amb *Clypeaster* que aflora a diversos indrets de l'illa (carretera Alaior-Son Bou, cala en Blanes). Localment (na Negra) una superfície d'erosió i una crosta rica en ferro i fosfats separa la Unitat Inferior de Barres i la Unitat d'Esculls (veure més endavant la interpretació d'aquest trànsit). La Unitat d'Esculls ha estat reconeguda fins al moment en pocs indrets de l'illa i presenta unes litofàcies molt similars a les descrites a la veïna illa de Mallorca on els afloraments són més espectaculars. S'hi poden reconèixer les següents litofàcies:

a) *GRAINSTONES/WACKESTONES* AMB *BINDSTONES* DE RODOFÍCIES. Aquesta fàcies se situa sempre a la base de la Unitat d'Esculls, tant sobre els *rudstones* amb *Heterostegina* com sobre la crosta fosfatada. Està constituïda per *grainstones/packstones* de mida gruixada on els components principals són fragments d'algues roges que alternen amb *packstones/wackestones* bioturbats, de gra fi amb foraminífers plan-



Fig. 4.10. Visió general de l'aflorament de na Linot (litoral del sud).

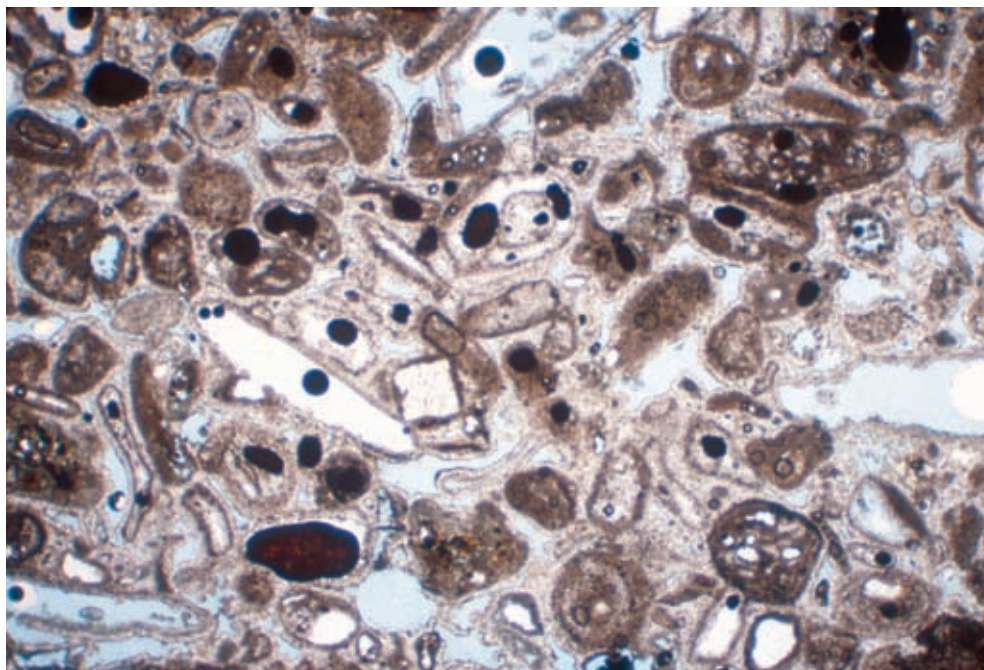


Fig. 4.11. Microfàcies dels *grainstone* (*backsets*) de l'aflorament de na Linot (el costat llarg de la microfotografia amida 5 mm).

tònics. Inclouen *grainstones*/*rudstones* de rodòlits i nivells de *bindstones* de rodofícies laminades i brancudes (Obrador *et al.*, 1983a, Jurado, 1985) amb briozous, bivalves, braquiòpodes (aquests darrers estudiats per Llompart i Calzada, 1983) i fauna molt diversa. Localment hi apareixen algunes colònies disperses de coralls (*Porites*, *Tarbellastra*) amb formes dominantment aplanades. Des del punt de vista paleogeogràfic han estat interpretats com a sediments de mar obert (*open shelf*) situats en el límit inferior de la zona fòtica. L'alternança a escala mètrica de nivells rics/pobres en macrofauna i nivells amb molta i poca bioturació reflexen cicles de fluctuació d'alta freqüència del nivell del mar. Els millors afloraments es troben a la zona de Ciutadella (sa Farola-cala en Blanes) i entre s'Algar i cala Alcalfar; també aflora a la carretera de Binissafúller, cala Morell (es cul de sa Ferrada)-punta Espardina.

b) *GRAINSTONES/PACKSTONES* AMB MEGALÀMINES ENCREUADES (CLINOBEDS). Aquesta fàcies descansa

sobre els *grainstones*/*wackestones* amb *bindstones* de rodofícies. Aflora entre cala Alcalfar i Binissafúller, a Son Bou i al sud de Ciutadella entre cala Blanca i cala en Basto). Està constituïda per *grainstones* esqueletics de gra gruixut i, localment, *floatstones* de rodòlits. Hi abunden els fragments de coralls i algues rodofícies, equínids, mol·luscs, briozous i, també localment, alguns oòlits. Mostra megalàmines encreuades de gran escala i ha estat interpretada com a talussos progradients al front dels esculls coral·lins.

c) *BOUNDSTONES* DE CORALLS I ALGUES. Aquesta fàcies està àmpliament desenvolupada en el sector occidental de l'illa (des de cala en Blanes fins a les immediacions de cala en Bosc) i aflora de manera més puntual en el sector oriental (la Mola, las Lomas de Punta Prima, etc.). En els nivells inferiors són molt abundants els coralls plans mentre que en els superiors dominen clarament les formes brancudes i/o massives. S'han reconegut dos gèneres de coralls: *Porites* i *Tarbellastra*. En els *grainstones*/*packstones*

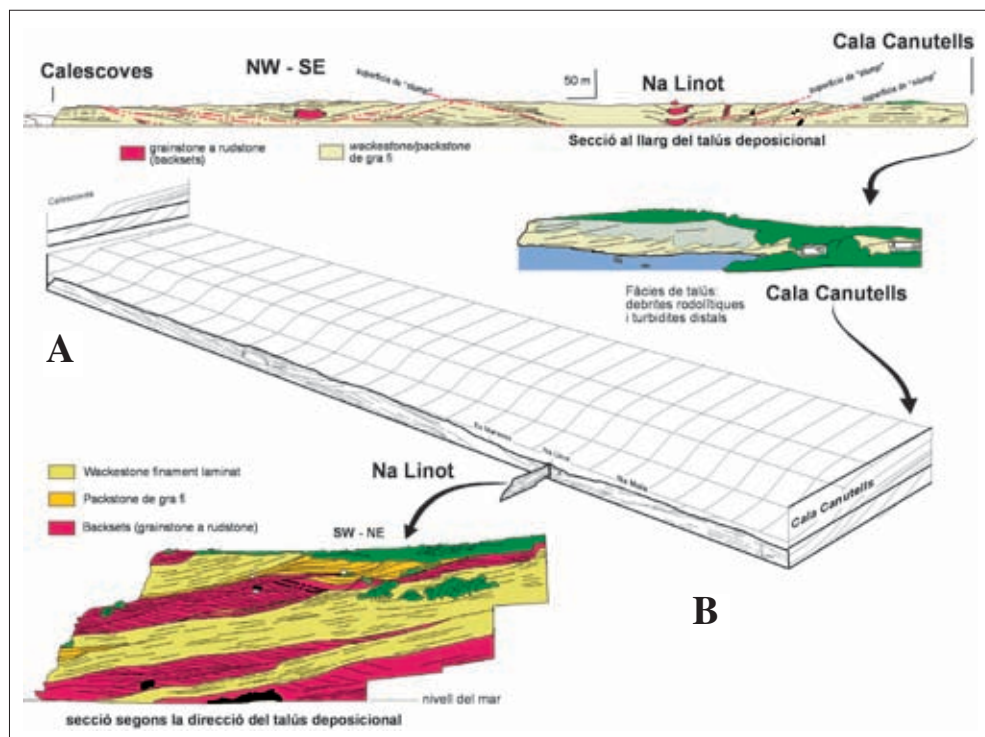


Fig. 4.12. Interpretació de l'aflorament de na Linot. (A) secció al llarg del penya-segat (paral·lela a la direcció de la costa miocènica) entre cales Coves i cala Canutells. Els *grainstone/rudstone (backsets)* es localitzen en els eixos de grans solcs formats per esllavissades submarines al talús de la rampa. (B) Secció segons la direcció del talús deposicional. Els *grainstone/rudstone (backsets)*, amb làmines que cabussen contra pendent, es presenten intercalats amb *wackestone/packstone* de gra fi (modificat de Pomar *et al.*, 2002).

associats a les bioconstruccions són molt abundants els fragments d'*Halimeda* i els oòlits. Aquesta fàcies s'interpreta com a bioconstruccions del flanc escullós.

La transició entre la Unitat inferior de Barres i la Unitat d'Esculls

Tal com hem dit abans, en el límit entre la UIB i la UE es pot reconèixer a diversos indrets de Menorca un nivell d'1-2 m constituït per un *rudstone* d'*Heterostegina* (Fig. 4.13), bioturbat, amb abundants *Clypeaster*. Al sector oriental de l'Illa (na Negra-cala Rafalet) aquest nivell d'*Heterostegina* no hi apareix, ans al contrari ve substituït per una superfície d'erosió, localment amb cavitats de dissolució. Sobre aquesta super-

fície hi ha una crosta fosfatada i ferruginosa, de color negrós a verdós que rebleix les cavitats de dissolució. Un sediment intern de gra molt fi i molt ric en foraminífers planctònics reomple la porositat dels dipòsits infrajaccents de la rampa, per sota la superfície d'erosió. Aquesta superfície, que es desenvolupa sobre les fàcies de la rampa intermèdia (UIB) i sobre els *rudstones* amb rodòlits (*clinobeds*) del talús de la rampa, ha estat interpretada com un límit de seqüència (Obrador *et al.*, 1992). Si bé aquesta discontinuïtat va ser correlacionada amb la superfície d'erosió que a la zona central de l'illa es troba fossilitzada per les fàcies de *floatstones/rudstones* (bretxa de Forma), que hem descrit anteriorment, treballs més recents (Pomar *et al.*, 2002) han permès reinterpretar aquestes bretxes de Forma com a *backsets* localitzats en solcs erosius

associats a la pròpia dinàmica de la rampa tortoniana i no amb el límit de seqüència. El nivell amb *Heterostegina* representaria els dipòsits transgressius que relacionam amb un canvi important en la dinàmica de nutrients i que permetria la deposició de la Unitat d'Esculls (oligotròfica) per sobre de la rampa (UIB) amb associacions biòtiques mesotròfiques (Pomar, 2001). La presència al sector oriental de l'Illa de la superfície de dissolució i de l'acumulació de dipòsits fosfatats suggereix (en aquest sector de l'Illa) un període amb una taxa de sedimentació molt baixa, relacionat amb unes condicions d'aflorentament d'aigües pregones (*upwelling*) responsables tant del pòs de dissolució com de la precipitació dels dipòsits ferruginosos i fosfatats (Pomar, 2001, Pomar *et al.*, 2002). Així doncs, la Negra representa una superfície de dissolució submarina relacionada amb el límit de seqüència entre la UIB i la UE, i els fosfats representarien els dipòsits transgressius en el sector oriental de l'illa, equivalents als *rudstones* de *Heterostegina* del sector occidental.

MODEL DEPOSICIONAL

Els treballs de detall d'Obrador *et al.* (1992) i Pomar *et al.* (2002) documenten que la major part del Miocè del Migjorn menorquí es pot incloure dins de la Unitat Inferior de Barres d'Obrador *et al.* (1983a), interpretada com a una rampa carbonatada amb ruptura distal (*sensu* Read 1985).

Les fàcies conglomeràtiques inferiors (UBC) representen, amb tota seguretat, els primers sediments marins i continentals del Neogen menorquí. Corresponen a rebliments càrstics continentals, dipòsits marins de peu de penya-segat i acumulacions de *fan delta* relacionats amb la tectònica de fracturació que, segons Obrador (1970a), va donar lloc a la conca on es va sedimentar el conjunt del Miocè del Migjorn.

El reconeixement, dins la Unitat Inferior de Barres, de diferents litofàcies de tipus *foramol/rhodalgals* ha permès distingir una rampa interna, una intermèdia, un talús de rampa i una rampa externa amb un perfil depo-

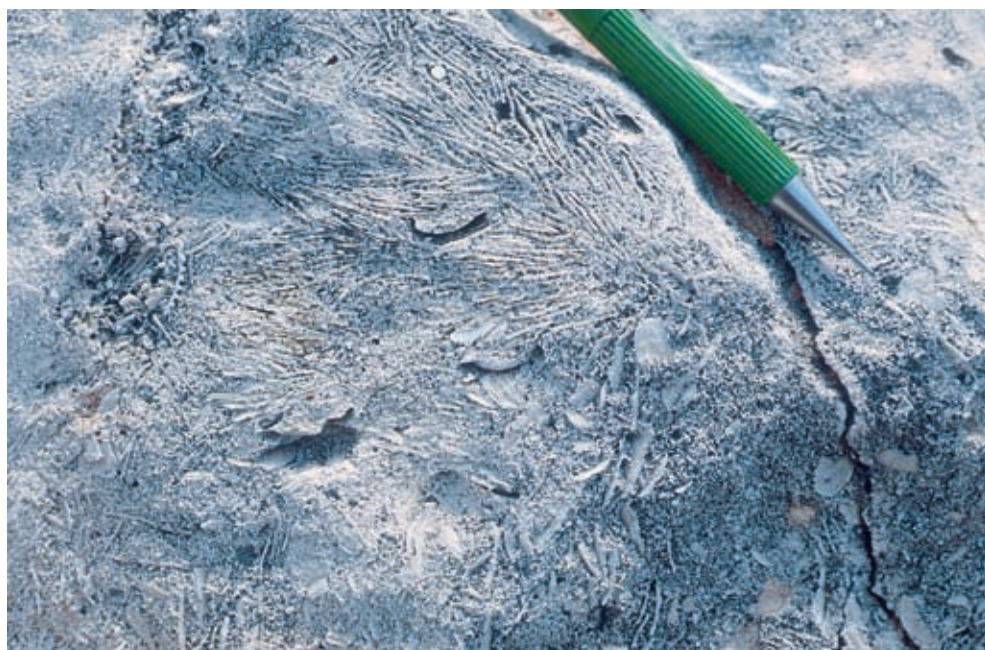


Fig. 4.13. Nivell *rudstones* d'*Heterostegina* a cala en Blanes. Representa el sistema transgressiu (TST: *Transgressive Systems Tract*) de la Unitat d'Esculls del Tortonian superior-Messinian.

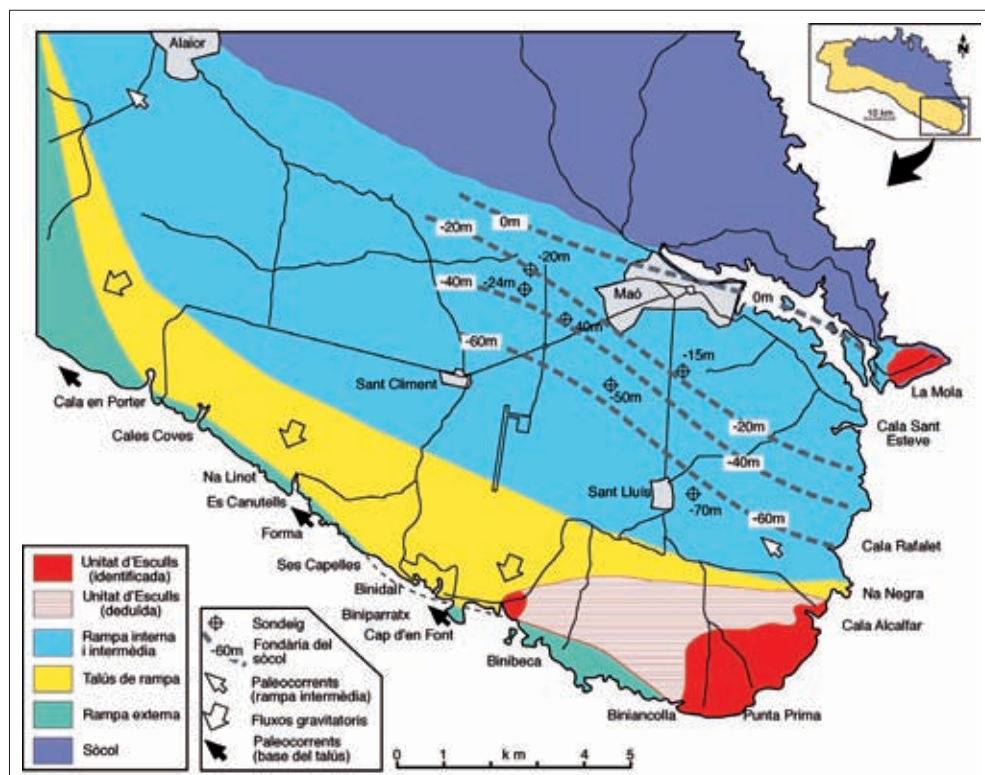


Fig. 4.14. Mapa de fases del sector oriental del Migjorn menorquí (modificat de Pomar *et al.*, 2002).

sicional controlat per la producció/acumulació dels components carbonàtics (Fig. 4.14). El talús deposicional és el resultat d'un increment de la taxa d'acumulació del sediment en aigües pregones (Pomar *et al.*, 2002). Aquesta rampa és recoberta per una plataforma escullosa progradant i es desenvolupa sobre fases conglomeràtiques (UBC) o directament sobre el sòcol paleozoic i mesozoic de la Tramuntana.

La rampa interna presenta, en posicions marginals, conglomerats i gresos al·luvials, dipòsits conglomeràtics de platja (*foreshore*) i conglomerats i gresos conglomeràtics de *fan delta* retreballats en un ambient de *shoreface*. Aquests dipòsits litorals passen, en direcció sud (cap a la conca) a *packstones* de mol·luscs i foraminífers mal classificats i bioturbats que han estat interpretats com a sediments d'aigües somes preservats de les accions de les ones i dels corrents per

l'efecte protector i relligador efectuat per prades de fanerògames. En direcció a la conca, aquesta litofàcies està interdigitada amb *grainstones* amb estratificació encreuada que representen sediments generats a la zona mesofòtica i remanegats per corrents per sota del límit inferior d'influència de les ones, a una fondària estimada de 40-70 m. La rampa interna i la intermèdia presenten un perfil deposicional lleugerament inclinat des de la línia de costa fins a una fondària on la producció de carbonat va dependre en gran manera dels macroforaminífers, algues roges i altra fauna bentònica de caràcter heterotròfic.

Cap a la conca, la inclinació dels plans d'estratificació s'incrementa fins uns 15-20° i la composició del sediment passa a uns *rudstones/floatstones* de rodòlits amb una matriu de tipus *grainstones/packstones* rica en fragments d'algues roges. El canvi i l'accentuació del pendent

es produí com a conseqüència del fort increment de la taxa de sedimentació, resultat de l'acumulació *in situ* de components esquelètics de calibre grava, generats en aquesta zona oligofòtica, i de sediments més fins procedents de la zona mesofòtica (rampa intermèdia) i també de la zona més soma de la rampa interna. En aquest talús deposicional, els corrents de fons són els responsables del moviment dels rodòlits i del rentatge de la fracció fina. La fondària estimada per a les fàcies de rodòlits oscil·la entre 70 i 150 m. A peu del talús la inclinació del perfil deposicional disminueix progressivament i passa als dipòsits fins, rics en foraminífers planctònics, de la rampa externa. L'acumulació al peu del talús, situat per sota la zona fòtica, està dominada per fluxos gravitatoris (turbidites i *debris flow*) interferint la sedimentació pelàgica i hemipelàgica pròpia de la rampa externa.

Sobre aquesta rampa, hi prograda una plataforma escullosa en la que s'han reconegut fàcies de nucli escullós (*boundstones* de corall i algues rodofícies) i de talús (*packstones/grainstones* de foraminífers i fragments d'algues). L'increment d'acomodació sedimentària que va permetre la progradació de la plataforma escullosa sobre la rampa s'interpreta com el resultat d'un canvi ecològic (Pomar *et al.*, 2002) i no d'un canvi relatiu del nivell del mar, tal com s'havia suggerit amb anterioritat (Obrador *et al.*, 1992). Aquesta interpretació, que no descarta un possible augment de la temperatura, admet un clima tropical durant la sedimentació de la rampa i suggereix que el canvi ecològic que comporta la presència d'esculls coral·lins està motivat per la disminució de nutrients. La variació de la cadena tròfica podria atribuir-se a un canvi climàtic que passaria d'humit a àrid, tal com ha estat interpretat a partir dels dipòsits continentals, de la mateixa edat, de la península Ibèrica.

Agraïments

A M. Tropeano (Universit  della Basilicata, Italia) per la seva companyia i discussions durant els treballs de camp. El treball ha estat finançat amb l'ajuda del projecte BTE2001-0372-C02 (01 i 02) (Ministerio de Ciencia y Tecnología).

BIBLIOGRAFIA

- ÁLVARO, M., BARNOLAS, A., DEL OLMO, P., RAMÍREZ DEL POZO, J. i SIMÓ, A. 1984. El Neógeno de Mallorca: Caracterizaci  sedimentològica y bioestratigr fica: *Boletín Geológico y Minero*, 95: 3-25.
- ARMSTRONG, J. 1752. *The History of the Island of Minorca*. (*Historia de la Isla de Menorca*, vers  castellana de la 2  edició anglesa -1756- de J. Vidal i Mir i S. Sapi a, Imp. Sintes, Ma . Reeditada en 1978 per Editorial Nura, Ciutadella, 249 pp).
- BARÓN, A., BAY , A. i FAYAS, J. A. 1979. Relación modelo geológico-modelo hidrogeológico. Ejemplo: El ac ifero mioceno de la Isla de Menorca. *I Simp. Nac. de Hidrogeología*. Pamplona. 19 pp.
- BARÓN, A., BAY , A. i FAYAS, J. A. 1983. Valor ac ifero del modelo sedimentario de plataforma carbonatada del Mioceno de la isla de Menorca. *Com. del X Congr. Nac. Sedim.* Menorca, pp. 645-648.
- BARÓN, A., BAY , A. i FAYAS, J. A. 1984. Valor ac ifero del modelo sedimentario de plataforma carbonatada del Mioceno de la isla de Menorca. In: A. Obrador (Ed.). *Publ. Geol.* 20: 189-207.
- BAUZÁ, J. 1966. Hallazgo de un fragmento rostral de *Pristis* en el Mioceno de Torrauba Vey (Menorca). *Bol. Soc. Hist. Nat. Bal.*, 12: 133-137.
- BAUZÁ, J. 1967. Contribuciones al conocimiento de la ictiología actual y fósil de Menorca. *Rev. Menorca*, 3: 197-210.
- BAUZÁ, J. i MERCADAL, B. 1961. Nuevas contribuciones al conocimiento de la fauna ictiológica fósil de Menorca. *Bol. Soc. Hist. Nat. Bal.* 7: 45-48.
- BAUZÁ, J. i MERCADAL, B. 1962. Contribuciones al conocimiento de la fauna ictiol gica de Menorca. *Rev. Menorca*, 2: 153-163.
- BIZON, G., BIZON, J. J., BOURROUILH, R. i MASSA, D. 1973. Présence aux  les Baléares (Méditerranée Occidentale) de sédiments "messiniens" déposés dans une mer ouverte   salinité normale. *Comptes Rendus des séances de l'Académie des Sciences*, 277: 985-988.
- BIZON, G., BIZON, J. J. i MAUFFRET, A. 1975. Présence de Miocène inférieur au large du Minorque (Baléares, Espagne). *Rev. Inst. Fr. Pétrole*, 26 (6): 831-863.
- BIZON, G., BIZON, J. J., i BIJU-DUVAL, B. 1978. Comparison between formations drilled at DSDP site in the Western Mediterranean and exposed series of land. In *Initial Reports of the DSDP*. Washington. 42: 897-901.
- BOURROUILH, B. 1970. *Mapa Geológico de Espa a. Menorca, Ibiza y Formentera. Escala 1:200.000*. Instituto Geológico y Minero de Espa a. Madrid.
- BOURROUILH, R. 1973. *Stratigraphie, sédimentologie et tectonique de l' le de Minorque et du Nord-Est de Majorque (Baléares). La terminaison Nord-orientale des Corall res Bétiques en Méditerranée occidentale*. Trav. Lab. Géol. Méd. CNRS et Dep. Géol. struct. Univ. Université de Paris ed. 822 pp.
- BOURROUILH, R. 1983. *Estratigrafía, sedimentolog a y tectònica de la isla de Menorca y del noreste de Mallorca*. Memorias del IGME 99 (2 vols).
- BOURROUILH, R. i COLOM, G. 1968. Sur l' ge du Mioc ne au Sud de Minorque. *C. R. Soc. Géol. France*. 5: 150-152.
- COLOM, G. 1960. Sobre la existencia de tierras emergidas al N y NE de Mallorca al final del Burdigaliense. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.* 58: 299-303.
- COLOM, G. 1985. Estratigrafía y paleontolog a del Andaluciense y del Plioceno de Mallorca (Balears). *Bol. Geol. y Minero*. 96: 235-302.

- FALLOT, P. 1923. Le problème de l'île de Minorque. *Bull. Soc. Géol. France*, 23: 3-44.
- FORNÓS, J. 1987. *Les plataformes carbonatades de les Balears. Estudi sedimentològic de les plataformes miocenes de les illes Balears i la comparació amb la sedimentació actual a la seva plataforma. Bases per una modelització de fàcies de plataforma*. Tesi Doctoral. Univ. Barcelona. XVI + 954 pp. (inédita).
- FREEMAN, T., ROTHBARD, D. i OBRADOR, A. 1983. Terrigenous dolomite in the Miocene of Menorca (Spain): Provenance and diagenesis. *J. Sediment. Petrol.*, 53: 543-548.
- GÓMEZ, D. 1999. Informe geològic de la Cova des Mussol. In: Llull, V., Micó, R., Rihuete, C i Risch, R. (eds.). *La cova des càrritx i la cova des Mussol*, pp. 413-416.
- GUIMERÀ, J. 1985. Estratigrafia de les fàcies carbonatades miocèniques d'una zona del Migjorn de l'illa de Menorca. Tesi de Llicenciatura, Univ. Autònoma de Barcelona. 104 pp. (inédita).
- HERMITE, H. 1879. *Études géologiques sur les îles Baléares. Première Partie: Majorque et Minorque*. F. Savy. Paris. 362 pp.
- JURADO, M. J. 1984. Aspectes paleoecològics de l'escull miocènic del Cap Negre (Menorca). *Rev. Menorca*, 75: 236-265.
- JURADO, M. J. 1985. *Estudi sedimentològic del Neogen de l'àrea de Ciutadella*. Consell Insular de Menorca. Maó. 144 pp.
- LEES, A. 1973. Les dépôts carbonatés de plate-forme. *Bull. Centre Rech. Pau-SNPA*, 7(1): 177-192.
- LLOMPART, C. 1982. Los nódulos algales (rodolitos) del Neógeno de la Cala Binidali (Menorca). *Estudis Baleàrics*, 2: 31-41.
- LLOMPART, C. 1983. *Ampbiope bioculata* (DESM.) del Mioceno del Port de Maó (Menorca). *Bol. R. Soc. Española Hist. Nat.* 81 (1-2): 67-79.
- LLOMPART, C. i CALZADA, S. 1982. Braquiópodos messinienses de la isla de Menorca. *Bol. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 23: 87-116.
- LLOMPART, C., OBRADOR, A. i ROSELL, J. 1979-80. Geologia de Menorca. In: Obra Cultural Balear. *Enciclopèdia de Menorca*. T. 1: 1-83.
- NOLAN, H. 1895. Structure géologique d'ensemble de l'Archipel Balear. *Bull. Soc. Géol. France*, 23: 76-91.
- NOLAN, H. 1933. Notas sobre diversos puntos de la geología menorquina para dilucidar y comprobar. *Rev. Menorca*, 28: 152-159.
- OBRADOR, A. 1970a. *Estudio estratigráfico y sedimentológico de los materiales miocénicos de la Isla de Menorca*. Tesi doctoral. Universitat de Barcelona (inédita).
- OBRADOR, A. 1970b. Estudio estratigráfico y sedimentológico de los materiales miocénicos de la Isla de Menorca. *Acta Geol. Hisp.* 5: 19-23.
- OBRADOR, A. 1972-1973. Estudio estratigráfico y sedimentológico de los materiales miocénicos de la Isla de Menorca. *Revista Menorca*, 64: 137-197, 65: 35-97 i 125-189.
- OBRADOR, A., POMAR, L., RODRÍGUEZ, A. i JURADO, M. J. 1983a. Unidades deposicionales del Neógeno menorquín. *Acta Geológica Hispánica*, 18: 87-97.
- OBRADOR, A., POMAR, L., RODRÍGUEZ, A. i JURADO, M. J. 1983b. Unidades deposicionales del Neógeno menorquín. In: Pomar, L., A. Obrador, J. J. Fornós i A. Rodríguez-Perea (eds.). *El Terciario de las Baleares (Mallorca-Menorca)*: 59-71. Institut d'Estudis Baleàrics, Universitat de Palma de Mallorca. Palma de Mallorca.
- OBRADOR, A. i POMAR, L. 1983c. El Neógeno del sector de Maó. In: Pomar, L., A. Obrador, J. J. Fornós i A. Rodríguez-Perea (eds.). *El Terciario de las Baleares (Mallorca-Menorca)*: 207-232. Institut d'Estudis Baleàrics, Universitat de Palma de Mallorca. Palma de Mallorca.
- OBRADOR, A., POMAR, L., JURADO, M. J., RODRÍGUEZ-PEREA, A. i FORNÓS, J. J. 1983d. El Neógeno del sector de Ciutadella. In: Pomar, L., A. Obrador, J. J. Fornós i A. Rodríguez-Perea (eds.). *El Terciario de las Baleares (Mallorca-Menorca)*: 233-255. Institut d'Estudis Baleàrics i Universitat de Palma de Mallorca. Palma de Mallorca.
- OBRADOR, A., POMAR, L. i TABERNER, C. 1992. Late Miocene breccia of Menorca (Balearic Islands): a basis for the interpretation of a Neogene ramp deposit. *Sedimentary Geology*, 79: 203-223.
- POMAR, L. 2001. Ecological enhancement of sedimentary accommodation: evolution from a carbonate ramp to rimmed shelf, Upper Miocene, Balearic Islands. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol. Special issue* G. Camoin (ed.) Paleooceanology of reefs and carbonate platforms: Miocene to Modern, 175: 249-272.
- POMAR, L., WARD, W. C. i GREEN, D. G. 1996. Upper Miocene Reef Complex of the Llucmajor area, Mallorca, Spain. In: Models for Carbonate Stratigraphy from Miocene Reef Complexes of the Mediterranean regions (Ed. E. Franseen, M. Esteban, W. C. Ward i J. M. Rouchy), pp. 191-225. S. E. P. M. Concepts in Sedimentology and Paleontology Series, n. 5.
- POMAR, L., OBRADOR, A. i WESTPHAL, H. 2002. Sub-wavebase cross-bedded grainstones on a distally steepened carbonate ramp, Upper Miocene, Menorca, Spain. *Sedimentology*, 49: 139-169.
- QUINTANA, J. 1998. Aproximación a los yacimientos de vertebrados del Mio-Pleistoceno de la isla de Menorca. *Bol. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 41: 101-117.
- RAMOS, E. 1988. *El Paleógeno de las Baleares. Estratigrafía y Sedimentología*. Tesi doctoral. Universitat de Barcelona (inédita).
- READ, J. F. 1985. Carbonate platform facies models. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 69: 1-21.
- RIBA, O. 1981. Aspectes de la geologia marina de la conca mediterrània balear durant el Neogen. *Mem. R. Acad. Ciències i Arts*. Barcelona, 805 (45), 102 pp.
- RIBA, O. 1983. Las islas Baleares en el marco geológico de la cuenca Mediterránea Occidental durante el Terciario. In: Pomar, L., A. Obrador, J. J. Fornós i A. Rodríguez-Perea (eds.). *El Terciario de las Baleares (Mallorca-Menorca)*: 3-20. Institut d'Estudis Baleàrics i Universitat de Palma de Mallorca. Palma de Mallorca.
- ROSELL, J. i LLOMPART, C. 1983. Aportaciones al estudio del Mioceno del extremo oriental de Menorca. *Acta Geol. Hispánica*, 18(2): 99-104.
- ROSELL, J. i LLOMPART, C. 2002. *El naixement d'una illa. Menorca. Guia de geologia pràctica*. Impressió i rellogat Dacs, Indústria Gràfica, S. A. Montcada i Reixac. 279 pp.
- ROSELL, J., OBRADOR, A. i MERCADAL, B. 1969. Estudio sedimentológico y estratigráfico de la Isla del Aire (Menorca). *Bol. Geol. y Min.* 80 (6): 538-544.
- ROSELL, J., OBRADOR, A. i MERCADAL, B. 1976. Las facies conglomeráticas del Mioceno de la isla de Menorca. *Bol. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 21: 76-93.
- ROSELL, J., GÓMEZ-GRAS, D. i ELIZAGA, E. 1989. *Mapa geológico de España, escala 1:25.000*. Hojas nº 618 (Cap Menorca y Ciutadella), 619 (Ses Coves Noves), 646 (Cala en Brut y Alaior), 647 (Maó), 673 (Illa de l'Aire). Instituto Tecnológico GeoMinero de España. Madrid.
- SEGÚ, B., QUINTANA, J., FORNÓS, J. J. i ALCOVER, J. A. 2001. A new fulmarine petrel (aves: Procellariiformes) from the upper Miocene of the western Mediterranean. *Palaeontology*, 44 (5): 933-948.